

# Utredning av mulighetene for alternative drivstoffer for bussdrift i Trøndelag ---

Forslag til endelig rapport med  
vurdering av kostnader og  
nytteeffekter

(Rev. 5)

Oppdragsnr.: 8070180

Oppdragsgiver: Sør-Trøndelag fylkeskommune  
Oppdragsgivers repr.: Asbjørn Rønning

Oppdragsleder Rambøll: Thomas Ruud Jensen  
Medarbeidere: Per Nilsson, Kari Elliot, Odd Arne Bariås

Rev. 5  
Dato 27.06.07  
Utarb. TRJ  
Kontroll  
Godkjent

Antall sider: 32  
Rapport 32  
Vedlegg

## Forord

Dette notatet er utarbeidet av Rambøll på oppdrag fra Sør-Trøndelag fylkeskommune. Oppdragsgivers representant er Asbjørn Rønning.

Prosjektgruppen har bestått av Thomas Ruud Jensen (Rambøll Norge AS), Kari Elliot og Per Nilsson (Ramböll Sverige AB).

Kristiansand/Stockholm/Vänersborg 27.06.07,

Thomas Ruud Jensen, Kari Elliot, Per Nilsson

## Innhold

<b>1.</b>	<b>Sammendrag .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Bakgrunn for prosjektet og vår tilnærming.....</b>	<b>7</b>
2.1	Bakgrunn.....	7
2.2	Omfang .....	7
2.2.1.	<i>Føringer og rammebetingelser for miljøvennlig kollektivtransport .....</i>	<i>7</i>
2.2.2.	<i>Internasjonalt .....</i>	<i>7</i>
2.2.3.	<i>Nasjonalt .....</i>	<i>7</i>
2.2.4.	<i>Regionalt .....</i>	<i>7</i>
2.3	Mandat og tilnærming .....	8
<b>3.</b>	<b>Alternative drivstoffer og egenskaper .....</b>	<b>9</b>
3.1	De ulike alternativene til diesel til bussdrift .....	9
3.1.1.	<i>Naturgass .....</i>	<i>10</i>
3.1.2.	<i>Biodiesel .....</i>	<i>12</i>
3.1.3.	<i>Bioetanol .....</i>	<i>14</i>
3.1.4.	<i>Vannemulgert diesel .....</i>	<i>15</i>
3.1.5.	<i>Biogass .....</i>	<i>15</i>
3.1.6.	<i>El-hybrid .....</i>	<i>17</i>
3.2	Euro 5-krav og innfrielse av disse.....	18
3.3	Sammenligning, evaluering og valg av alternativt drivstoff.....	20
<b>4.</b>	<b>Merkostnader ved overgang til gassbuser .....</b>	<b>22</b>
4.1	Investeringer i kjøretøy .....	22
4.2	Vedlikeholdskostnader .....	22
4.3	Investeringer i infrastruktur og andre transaksjonskostnader .....	22
4.3.1.	<i>Naturgass (LNG og CNG) .....</i>	<i>22</i>
4.3.2.	<i>Produksjon av biogass .....</i>	<i>23</i>
4.3.3.	<i>Trening og opplæring .....</i>	<i>23</i>
<b>5.</b>	<b>Gevinster ved overgang til gassbuser .....</b>	<b>24</b>
5.1	Reduserte drivstoffkostnader .....	24
5.1.1.	<i>Forbruk .....</i>	<i>24</i>
5.1.2.	<i>Priser .....</i>	<i>24</i>
5.1.3.	<i>Enhetspriser drivstoff .....</i>	<i>25</i>
5.2	Miljøkostnader .....	26
5.2.1.	<i>Forutsetninger utslipp og miljøkostnader .....</i>	<i>26</i>
5.2.2.	<i>Miljøkostnader på utslipp av NOx og partikler (PM) – lokale effekter .....</i>	<i>26</i>
5.2.3.	<i>Miljøkostnader på utslipp av klimagasser – globale effekter .....</i>	<i>26</i>
5.2.4.	<i>Miljøkostnader på lokal og global luftforurensing .....</i>	<i>28</i>
5.3	Støy og kostnader .....	29
5.4	Andre ikke – kvantifiserbare effekter .....	29
<b>6.</b>	<b>Økonomisk analyse av kost/nytte .....</b>	<b>30</b>
6.1	Metodebeskrivelse .....	30
6.2	Bedriftsøkonomisk lønnsomhet .....	30
6.2.1.	<i>Sensitivitet for operatøren .....</i>	<i>30</i>
6.3	Miljøgevinster .....	31
6.3.1.	<i>Sensitivitet for samfunnet .....</i>	<i>31</i>
6.4	Samlet vurdering .....	32

## 1. Sammendrag

Rambøll oppfatter at formålet med utredningen er å gi et grunnlag for beslutninger om valg av teknologi og drivstoff til kollektivbussene i regionen i fra 2008. Rambøll vil understreke at slike analyser er skrivebordsøvelser, og gir antydninger mer enn fasitsvar på de potensialene som kan utløses ifm eventuell prosjektgjennomføring. Det vil være nødvendig med mer detaljerte opplysninger og konsekvensutredninger før endelige beslutninger fattes, spesielt gjelder dette utredninger av lokale/regionale potensialer for tilgang og kostpriser på andre typer drivstoff enn diesel.

Rambøll har vurdert alternative drivstoffer til drift av busser i Sør-Trøndelag basert på både bedriftsøkonomiske parametere og miljøfaktorer. Sentrale parametere i vurderingen er følgende:

- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- Investeringskostnader
- Teknologiens modenhet
- Utslipp klimagasser
- Utslipp NOx
- Utslipp partikler
- Støy

Etter en overordnet, enkel screening av de ulike drivstoffene, har konkluderer vi med at Biogass kan være et bedre alternativ enn dieseldrift (basert på Euro 5 kravene). Vurderingen er i stor utstrekning basert på teknologier som er modne og tilgjengelige, ikke antatte muligheter eller potensialer som ligger lengre frem i tid.

Rambøll har deretter gjennomført en mer omfattende analyse av Biogass, og forsøkt å tilpasse analysen de kjente rammebetingelser som eksisterer i den aktuelle regionen. En sentral forutsetning er at det vil ta tid før eventuell regional produksjon av biogass kommer på plass, slik at en i mellomtiden må kjøre gassbussene på naturgass.

Hovedargumentet, kvantitativt sett, for å velge gassbusser drevet av biogass (eller andre biodrivstoffer) er reduksjonen av klimagassutslipp (CO<sub>2</sub>). Miljøkostnadene ved utslipp av CO<sub>2</sub> er svært vanskelig å anslå (SFT, 6/2007), men dersom en legger til grunn tall i øvre enden av skalaen, gir dette et slikt prosjekt en bedre samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

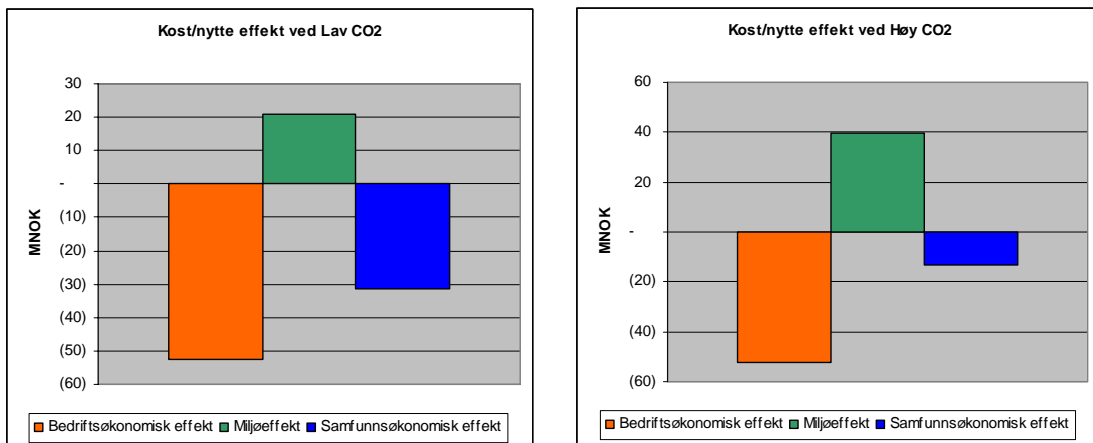
I beregninger av miljøeffekter, har står vi metodisk mellom valget av to alternativer. Det ene er å legge til grunn de garanterte utslippene/målene fra bussprodusentene. Det andre er å legge til grunn de faktiske målte utslippene, både gjennomført av produsentene, godkjenningmyndigheter og vitenskapelige institusjoner. Vi har valgt å legge til grunn sistnevnte, målte utslipp, men ser også at dette kan skape en vanskelig diskusjon når eventuelt estimerte miljøkostnader skal implementeres som en reell kostnad for miljøsynderne.

Operatørene vil ved en eventuell overgang til gassbusser måtte motta offentlig støtte. Støttebeløpene er ikke beregnet, men nåverdien av merkostnadene ved en slik satsing ligger på ca -52 MNOK, noe som kan antyde behovene for offentlige tilskudd/støtteordninger.

Verdien av redusert støynivå, der gassbusser i normal drift har et ca 10 dBA lavere støynivå enn diesel, er ikke kvantifisert. Det kommer i så fall som et tillegg til den anslåtte samfunnsøkonomiske gevinsten.

Figur som viser beregnede nåverdier av bedriftsøkonomiske og miljømessige effekter:

Alle tall i MNOK



Figur 1: Kost/nytte-analyse av overgang til gassbusser i Sør-Trøndelag

I forhold til vår overordnede screening av de alternative drivstoffene, viser beregningene av kost/nytte ved innføring av gassbusser at de bedriftsøkonomiske merkostnadene ikke lar seg oppveie av miljøgevinstene.

Tallene brukt, både i den bedriftsøkonomiske analysen, og i analysen av miljøgevinster er alle heftet med en del usikkerhet. De må anses mer i retning av beste anslag, enn som en sannhet. De reelle bedriftsøkonomiske konsekvensene vil en uansett ikke få kontroll på før en har realisert prosjektet.

Vi ønsker å gjøre oppdragsgiver oppmerksom på de aktivitetene som foregår i Oslo-regionen i skrivende stund. Oslo Sporveier har nylig vedtatt å kjøre 18 busser på etanol (H. Jøtulstad), og biogass-mulighetene utredes og skal etter planen legges frem i en rapport i august 2007. Det anbefales derfor å innhente informasjon fra Oslo Sporveier/Oslo kommune (energigjenvinningsetaten – EGE) høsten 2007 før en endelig beslutning tas.

#### Fremtidsscenario

Mye tyder på at det går mot et større mangfold av teknologier og alternative energikilder til diesel og fossilt brensel. I en slik sammenheng er det naturlig at el-hybrid vil komme sterkere de neste årene. Både Volvo og Scania planlegger å lansere konkurransedyktige busser basert på el-hybrid i løpet av 2009.

## 2. Bakgrunn for prosjektet og vår tilnærming

### 2.1 Bakgrunn

Sør-Trøndelag fylkeskommune (STFK) vil med virkning fra 2008 overta ansvaret for kollektivtrafikken i regionen. Tjenestekjøpet blir tilbakeført fra Trondheim kommune som har innehatt ansvaret for dette fra 2004 som en forsøksordning i regi av Samferdselsdepartementet (Transportforsøket).

I den forbindelse ønsker STFK å foreta en evaluering av mulighetene for å innføre alternative drivstoffer til diesel i kollektivtrafikken.

### 2.2 Omfang

STFK oppgir følgende data vedrørende bussene som opereres i dag:

- 190 busser totalt
- levetid 15 år
- kjøper ca 12 nye busser/år
- kjøremønster: by/forsteder
- 55.000 km/år i gjennomsnittlig kjørelengde pr buss
- Alle busser kan ta mer enn 50 personer (2-akslede busser)
- ett bussdepot i dag

#### 2.2.1. Føringer og rammebetingelser for miljøvennlig kollektivtransport

#### 2.2.2. Internasjonalt

Dagens tunge dieselkjøretøyer er en vesentlig bidragsyter til NOx-utslipp globalt. I europeisk sammenheng har stadig strengere utslippskrav medført en kontinuerlig utvikling for at dieselmotorene skal tilfredsstille gjeldende krav. Utslippskravene som er strengere enn dagens forventes å tre i kraft i 2009 (Euro 5). Se kap. 3.2 for mer detaljert beskrivelse av Euro 5.

#### 2.2.3. Nasjonalt

Nasjonalt har regjeringen i løpet av våren 2007 uttalt høye ambisjonsnivåer mht miljømål. Målet er at Norge innen 2050 skal bli såkalt "karbonnøytral", dvs. at en for hvert eneste tonn klimagass i utslipp, skal det sørges for tilsvarende lavere utslipp et annet sted. Innen 2020 er det et uttalt mål at Norge skal redusere klimagassene med 30%, og at 2/3 skal tas ut nasjonalt, mens resten kan reduseres gjennom kjøp av klimakvoter.

I gjeldende nasjonal transportplan legges det opp til lavere utslipp og bedre luftkvalitet i norske storbyer. Lokal egenandel på tiltakene reduseres fra 50 til 25% og staten legger til rette for bruk av ulike virkemidler.

I Gøteborgprotokollen har Norge forpliktet seg til at utslippene av NOx skal være maksimalt 156.000 tonn/år fra og med 2010. I 2003 var det norske NOx-utslippet 220.000 tonn. Det norske årlige utslippet må altså reduseres med 64.000 tonn. Ca 24 % av utslippene kommer fra veitransporten, ca 40 % fra skipstrafikk (kilde: Gass i Buss, Rapport fra Norsk gassforum, nov. 2005).

#### 2.2.4. Regionalt

I Trondheim kommunes strategiplan for 2001-2012 legger kommunen til grunn scenariet om "miljøeffektivitet". En direkte konsekvens av dette er en økt andel miljøvennlig

transport i regionens geografiske tyngdepunkt.

Målsetning definert av STFK i "Ny giv for Trondheimsregionen":

*"Et mer miljøvennlig transportsystem: Økt kollektivtransport og redusert miljøbelastning fra vegtrafikk."*

### 2.3 Mandat og tilnærming

STFK har engasjert Rambøll Norge AS i et arbeid med å identifisere muligheter og utfordringer knyttet til innføring og bruk av alternative drivstoffer i kollektivtrafikken i regionen.

**Analysen skal inneholde:**

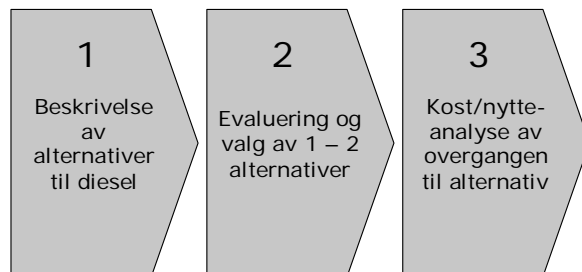
1. En beregning av bedriftsøkonomiske implikasjoner for bussoperatøren
2. Et estimat på samfunnsøkonomisk konsekvens, spesielt mht potensielle miljøgevinster

Analysen skal vise lønnsomheten ved bruk av alternativt drivstoff sammenlignet med diesel basert på Euro 5 kravene. Dersom prosjektet ikke er lønnsomt vil analysen vise hvilket behov bussoperatøren vil ha for bedre rammebetingelser, eventuelt behovet for investeringstilskudd.

Analysen skal videre gi estimer for reduserte utslipp av skadelige stoffer. Dette er i første rekke lokale utslipp av NOX og partikler. Ved bruk av nøkkeltall for samfunnsøkonomiske kostnader ved luftforurensning skal potensialet for reduserte helsekostnader anskueliggjøres. Disse miljø- og helsemessige gevinstene tas ikke inn i bussoperatørens regnskaper, men skal fremstilles som et uttrykk for samfunnsnyttene ved prosjektet. De vil på denne måten vise nytten av å tilføre prosjektet investeringsmidler. I tillegg bør ikke-kvantifiserbare gevinster påpekes.

#### Tilnærming

Rambøll legger til grunn følgende tilnærming i gjennomføringen av utredningen:



Figur 2: Illustrasjon av metode

For å avgrense omfanget av analysen, vil Rambøll foreta en screening av de ulike alternativene til diesel (1), og deretter foreta et valg av de mest nærliggende alternativene (2) som skal være gjenstand for mer omfattende analyse (3).

I valg av alternativ til diesel er det fra STFK uttalt at naturgass skal være et av alternativene det gjennomføres en kost/nytte-analyse av.

Etttersom STFK tenker å iverksette tiltak allerede fra 2008, er det naturlig å legge vekt på teknologier og infrastruktur som er modne og tilgjengelige – ikke muligheter som kan ligge lengre frem i tid.

### 3. Alternative drivstoffer og egenskaper

#### 3.1 De ulike alternativene til diesel til bussdrift

Alternativene som beskrives:

##### 1. Naturgass (CNG/LNG)

I likhet med biogass og CNG består LNG hovedsakelig av metangass ( $\text{CH}_4$ ). Men i motsetning til biogass og CNG, som oppbevares i gassform, oppbevares LNG flytende. Dette oppnås ved å kjøle naturgassen kraftig ned. I denne prosessen skilles vann samt butan, propan og andre gasser ut fra naturgassen.

Drivstoff i et kjøretøy er CNG. Et forbedret forslag til omforming fra LNG til CNG er LCNG-prosessen, som betyr "Liquified to Compressed Natural Gas". Prinsippet går ut på at LNG blir pumpet opp til 270 bar. Deretter blir den flytende gassen ført gjennom høytrykks fordampere og inn på en ordinær CNG-flaskebank. Med dette prinsippet er det behov for mindre energi for trykkoppbygging.

##### 2. Biodiesel

Biodiesel er drivstoff med vegetabilsk eller animalsk kilde. I Norge produseres biodiesel fremstilt av lakseolje, fiskeavfall og frityrolje. Det er imidlertid kun tilsetninger basert på rapsolje som tilfredsstiller den europeiske CEN-standarden EN 14214.

Noen oljeselskaper har allerede blandet inn to til fem prosent biodiesel fra raps dvs - "B2" (2% biodiesel, 98% fossilt diesel) - "B5" (5% biodiesel, 95% fossilt diesel osv.). Kun 100% biodiesel er B100.

##### 3. Bioetanol

Bioetanol kan produseres med utgangspunkt i planter som inneholder sukker, cellulose eller stivelse, for eksempel ulike sorter korn, mais, sukkerrør, sukeroer, poteter og til og med trevirke. Verdens største produsent av bioetanol er Brasil, som lager 15 milliarder liter i året, produsert med utgangspunkt i sukkerrør.

Bioetanol er det biodrivstoffet det produseres mest av på verdensbasis, hele 28 milliarder liter (tilsvarer ca. 10 ganger det norske bensinforbruket). Til sammenligning tilsvarende den samlede biodieselproduksjon kun 8 % av total bioetanolproduksjon. Drivstoffet er derimot ikke spesielt godt kjent i Norge.

##### 4. Vannemulgert diesel

Eller hvit diesel er diesel der vann er blandet/emulgert inn for å oppnå lavere forbrenningstemperatur med de klimamessige fordelene det innebærer.

##### 5. Biogass

Biogass oppstår ved forråtnelse av biologisk materiale uten tilførsel av oksygen. Denne prosessen oppstår blant annet i søppelfyllinger. Man kan også fremstille biogass fra matavfall, husdyrgjødsel og kloakkslam. I teorien kan alt av biologisk opphav benyttes som råstoff. Rå-biogass består hovedsakelig av  $\text{CH}_4$  og  $\text{CO}_2$  med tillegg av andre gasser ( $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  osv.).

Foredlet biogass ( $\text{CH}_4$ ) er i teorien det samme som naturgass og har de samme tekniske egenskapene, bortsett fra at den er produsert fra et fornybart råstoff. Er et kjøretøy tilpasset bruk av gass, kan det benytte begge typer. Foredlet biogass har en noe lavere energitetthet enn naturgass, man vil derfor ofte oppleve litt kortere rekkevidde på en

tank med biogass enn med naturgass. Forskjellen er allikevel marginal.

## 6. Elhybrid

El-hybridbil er et kjøretøy som kan svtjse mellom ulike drivstoff som for eksempel bensin og elektrisitet. Foreløpig er omfanget av produksjon av slike biler begrenset og til nå ansett å være best for småbiler. Batterikapasitet er en utfordring.

### 3.1.1. Naturgass

Forskjellen mellom naturgass og andre fossile brennstoff er at naturgass ikke trenger å gjennomgå energikrevende prosesser i sammenheng med raffinering. Andre fordeler er at naturgass ikke inneholder svovel og at den ikke danner sot ved forbrenning. Sammenlignet med bensin gir naturgass også lavere utslipp av både CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC og CO. Utslippene av partikler er vesentlig lavere. Støymessig er også naturgassbasert drift mye bedre enn dieseldrift (studier viser en gjennomsnittlig reduksjon på ca 10 db).

### LNG – økt global tilgjengelighet

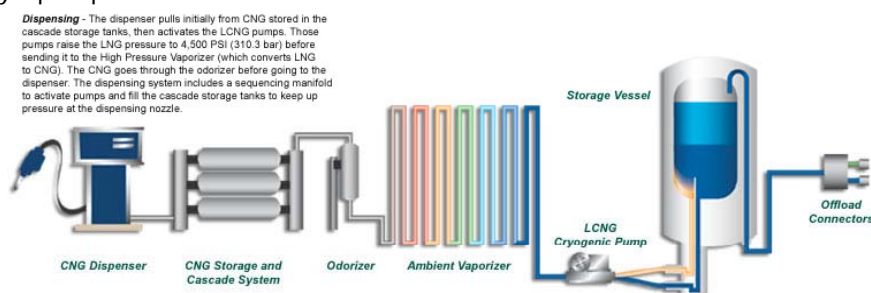
Den samlede kapasiteten i verdens LNG-industri er i kraftig vekst. Mens produksjonskapasiteten i 2002 var 139 millioner tonn årlig, vil den ligge på rundt 200 millioner årstonn i 2007, eller en økning på 44 prosent.

Verdensflåten av LNG-skip besto ved årsskiftet 2005/2006 av 187 LNG-tankere, mens 127 nye skip var bestilt eller under bygging. (Kilde: energilink.no)

### CNG:

#### Teknologi

Vi forutsetter at naturgassen som leveres kommer fra LNG og ikke som ren naturgass via pipeline. Fra LNG tanken kan man tilkoble 2 stk ulike typer dispensere, LNG dispenser og CNG dispenser. LNG dispenser kobles direkte til LNG tanken via en trykkventil. CNG kan utvinnes ved at LNG væsken trykkes opp til 250-300 bar ved hjelp av en cryo-pumpe. Den trykksatte LNG går siden til en høytrykksfordamper der LNG forgasses til CNG. Normalt finnes det et gasslager på gassiden for å opprettholde en mer stabil drift for cryo-pumpen.



Figur 3: LCNG-anlegg (eksempel)

Denne type anlegg er relativt kostbart. CNG egner seg derfor best for byområder med tett bosetning og relativt stort kundegrnlag for fyllpunktene. Den mest utviklede distribusjonsløsningen for gassbusser i Norge ansees å være i Bergen.

En gassdrevet buss har relativt sett et litt høyere drivstoff-forbruk sammenlignet med en dieseldrevet buss. Dette skyldes at naturgassmotoren har en noe lavere virkningsgrad enn dieselmotoren samt at varmeverdien i diesel er høyere enn for CNG når en sammenligner liter mot Sm<sup>3</sup>.

Det finnes i dag en rekke bilmodeller (bensinbaserte) som er tilpasset CNG. Det finnes i

tillegg en del tyngre kjøretøyer, deriblant busser og søppelbiler som bruker CNG/biogass.

#### Miljøegenskaper

I en utredning fra Marintek, summert i, er gassmotoren holdt opp mot dieselmotoren med hensyn på flere faktorer. For en fullstendig teknisk redegjørelse henvises derfor til denne utredningen, som også oppsummerer alternative metoder for å redusere partikkelutslipp og utslipp av NO<sub>x</sub> fra bybusser. Det er her gjengitt en sammenligning av dieseldrift og gassdrift med hensyn til en del miljømessige og teknologiske parametere.

	<b>"Dieselvalget"</b>	<b>"Naturgassvalget"</b>
<b>Reduksjonspotensial NO<sub>x</sub>, partikler og støy</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fremtidige krav (EURO V) er oppnåelige for både NO<sub>x</sub> og partikler ved bruk av avansert renseteknologi.</li> <li>• Dieselmotorens støynivå er høyt sammenlignet med en naturgassmotor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betydelig for NO<sub>x</sub> og partikler ved bruk av dagens teknologi. Spesifikke utslipp er allerede lavere enn fremtidige EURO V-krav.</li> <li>• Støynivået er redusert med nesten det halve for det menneskelige øret. Positiv innvirkning på nærmiljø, holdeplasser og bolig-gater med lav fart.</li> </ul>
<b>Teknologisk status</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renseteknologi må utvikles til kommersielle produkter.</li> <li>• Krav til lavsvovel drivstoff.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturgassmotorer er kommersielt tilgjengelig.</li> </ul>
<b>Utviklingspotensial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dieselmotoren er moden teknologi men har begrenset utviklings-potensial (og har høye tiltaks-kostnader).</li> <li>• Stort potensial for lave utslipp ved ny renseteknologi for å oppnå fremtidige NO<sub>x</sub> og partikkelkrav.</li> <li>• EURO V-kravene gir økt drivstoff-forbruk i forhold til dagens motorer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturgassmotoren er "nyere" teknologi og har stort potensial til videreutvikling.</li> <li>• Lavere utslipp av NO<sub>x</sub> og partikler (marginalt).</li> <li>• Bedre reguleringssystem.</li> <li>• Noe høyere forbruk.</li> </ul>
<b>Ytelse og kjørbarhet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diesel og gassmotorer vil ha tilnærmet samme kjøre-egenskaper (som maksimal ytelse og dreiemoment-karakteristikk over turtallsområdet).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sjåføren opplever tilnærmet like kjøreegenskaper på de to teknologiene.</li> </ul>

Tabell 1. Overordnet sammenligning av dieselbusser og naturgassbusser.

#### Økonomi

Stort sett all bruk av naturgass på kjøretøyer i dag er basert på CNG. Der det ikke er infrastruktur transformeres fra LNG til CNG på fyllstasjon. CNG-biler har egen bensin- (eller diesel-) tank i tillegg. Dermed har føreren mulighet til å fylle på ordinære bensinstasjoner hvis det ikke skulle være CNG-stasjoner i området.

I dag er prisen for en gassdrevet buss høyere enn en dieseldrevet buss. Erfaringstall fra Göteborg, Bergen og Rogaland viser at innkjøpskostnaden for naturgassbusser i Norden de senere årene har vært 15-20% høyere enn for dieselbusser. Med innføringen av strengere avgasskrav (EURO V) forventes dieselmotorene å øke i pris. Dette skyldes at dieselmotorene må påkostes betydelig i form av ny renseteknologi (naturgassmotoren

tilfredsstillere disse kravene i dag).

#### Tilgjengelighet i regionen

På Sorgenfri-området i Trondheim leverer Statoil i dag LNG til bussdepotet. Dette har blitt gjort siden rundt 1991 da forsøksordningen med et begrenset antall gassbusser ble etablert. Området har, i følge Statoil, en kapasitet på ca 40 busser til langsom fylling av gass fra LCNG-anlegg (Jon Båttbugt, Statoil).

Både Statoil og Gasnor bekrefter leveringsmuligheter for LNG i Trøndelag-regionen (Jon Båttbugt, Statoil og Arvid Skjervheim, Gasnor).

#### Gasnor, pressemelding 16.1.2006 – Gasnor overtar Naturgass Trøndelag AS:

"I Trøndelag har manglende tilgang på naturgass vært det største hinder for å kunne tilby naturgass som energikilde. Ved at Gasnor som den største naturgassaktør i Norge i dag, går inn i et direkte engasjement i Trøndelag, vil dette sikre økt tilgang på naturgass i Trøndelag.

Gasnor vil frakte gass til Trøndelag som LNG, og forsyne aktuelle kunder med tankbåt eller bil. Dersom det blir aktuelt med rørledning inn Trondheimsfjorden vil Gasnor kunne delta i utbygging av et rør distribusjonsnett basert på erfaring fra tidligere utbygging av slike røرنett."

### **3.1.2. Biodiesel**

#### Teknologi

Ved å rense allerede brukte oljer - gjenvinning (f.eks. fritureolje) og/eller å gjøre dyrkede planteoljer om til biodiesel ved enkle raffineringprosesser får en drivstoff som kan tilsettes vanlig diesel eller brukes rent. Oljen kan utvinnes av de fleste oljeprodukerende planter, med raps og mais som de vel mest kjente. Generelt er det etablert at eldre motorer har større toleranse for variasjoner i drivstoffkvalitet enn nyere motorer og kan trolig bruke biodiesel uten videre. Imidlertid rapporteres også at høyere innblanding enn 5% kan skape komplikasjoner for eldre dieselmotorer uten slanger og pakninger som tåler biodiesel pga biodiesels noe mer alkaliske egenskaper enn ordinær diesel. Biodiesel forbrenner like rent/urent som vanlig diesel, men avgir gammel fritureoljelukt, som ikke lar seg filtrere vekk med dagens metoder. Dog er den mye mindre farlig enn lukten av brent diesel. Biodiesel har gode smøreegenskaper, og blandes i noen tilfeller inn i petroleumsdiesel for å bedre smøreegenskapene.

Grunnen til at biodiesel forurenser mindre enn fossilt brensel er at det, i miljø sammenheng, ansees som en fornybar energikilde i motsetning til diesel som et fossilt brensel (olje, kull og gass). Det fossile brenselet har brukt tusenvis eller millioner av år på å bli dannet, og dermed har det opprinnelige biologiske materialet gradvis blitt bundet opp. Når derimot biobrensel brennes (f.eks. ved, flis, spon, rapsolje e.l.) er dette hentet fra biologisk produksjon som har gått langt raskere – dvs er fornybart - og så lenge vi hele tiden lar planter få vokse opp på de samme stedene som vi har hugget de ned, så blir hele tiden nytt CO<sub>2</sub> bundet opp i løpet av kort tid. Dermed fører ikke brenning av biobrensel til økning av totalmengden av CO<sub>2</sub> i atmosfæren - mens forbrenning av fossilt brensel fører til en global oppvarming på jorda som følge av økt drivhuseffekt. (NAF i Bergen er positivt til økt bruk av biodiesel).

En fordel rapportert fra USA er at krav til ultralavt innhold (fra 500 til 15 wtppm) av svovel i kjøretøy-diesel er at den prosessmessige behandling som kreves fjerner de naturlige forekommende smøremidler i dieselen. Å tilsette biodiesel, som kan produseres iht kravene om svovelinnhold, vil gjenopprette smøreegenskapene til drivstoffet uten at dette går på bekostning av svovelinnhold. Biodiesel lager også mindre sot enn petroleumsdiesel.

NAF har nylig langtidstestet ren biodiesel. En del sammenligninger/erfaringer med ordinær diesel er blitt gjort:

- Eksosluften er bedre
- Effekttap beskjedent (2-5 %)
- Ved kjøring i temperaturer under minus 5-10 grader må det blandes inn 50 prosent vanlig diesel i miljødieselen
- Ved kjørte 5000-7000 km må dieselfilteret skiftes. Dette må gjøres to ganger, og skyldes at miljødieselen renser dieseltanker for belegg, som i neste omgang tetter filteret
- Bilen er litt tregere å starte ved temperaturer ned mot null/under null. (Viskositet i miljødiesel mer følsom for temperatur enn ordinær diesel)
- Betydelig miljøgevinst. Ren miljødiesel er CO<sub>2</sub> nøytral. Bruk av denne tilfører ikke naturen mer CO<sub>2</sub>.
- Prisen er med dagens dieselpriis (2006) to og tre kroner billigere enn vanlig diesel
- Utslippene av svevestøv og andre miljø- og helseskadelige partikler reduseres med mellom 50 og 80 prosent ved bruk av ren biodiesel.
- Motoren går jevnere og bedre, den smører motoren bedre en vanlig diesel og forlenger motorens levetid.

NAF's videre anbefaling fra denne testen er at en del forhold må passes på, det gjelder både innblanding av vanlig diesel ved lavere temperaturer og skifting av dieselfiltre. Dessuten bør ikke miljødiesel stå på tanken i lang tid. Det bør være en viss sirkulasjon av drivstoff i tanken. Holdningen til biodiesel er negativ både i bilbransjen og på verksteder. Men den skyldes rett og slett uvitenhet. De aller fleste biler kan bruke miljødiesel. Unntaket gjelder for noen japanske bilmerker. Hovedkonklusjon fra undersøkelsen er at NAF mener bruk av miljødiesel er gunstig og ønsker at flere skal bruke miljødiesel.

Et testprogram av biodiesel gjennomført av Peugeot Danmark viser at biodiesel (B30) gjennom langtidstest av en Peugeot 407 gir lavere forbruk og mer stillegående motor.

Tilgjengelighet til biodiesel (blandet i diesel i en eller annen fraksjon) i Norge synes å være sterkt økende i disse tider. Både Exxon/Slagentangen og andre oljeselskaper produserer nå B5 med planer om distribusjon utenfor Østlandet, og Milvenn/Bergen (opp til B100) melder også om leveransedyktighet av biodiesel pr dags dato.

For det vanlige personbilmarkedet garanterer ikke alle bilfabrikantene for mer innblanding enn 5 %. Derfor er en mer innblandingskvalitet høyere enn B5 sannsynligvis ikke aktuelt ut til bensinstasjoner. Imidlertid er det i Norge levert høyere innblandingskvaliteter til Oslo Sporveier bl.a. tilpasset temperaturforhold. Zero angir en liste over biler og maskiner som skal kunne tåle å kjøre på 100 % biodiesel. Men dette betyr ikke automatisk at leverandøren opprettholder alle garantier ved bytte av drivstoff. I Norge er det per i dag (2005) ingen importører som godkjenner bruk av biodiesel i sine kjøretøyer. Innblanding av kun 5 % vil derfor kun gi et mindre bidrag i forbindelse med å redusere klimaeffekten.

#### Miljøegenskaper

Biodiesel bidrar ikke på samme måte som fossil diesel til utslipp av skadelige klimagasser. Likevel har det vært påstått at fordi det benyttes mye kunstgjødsel og fossil diesel i produksjon av biodiesel, bidrar den ikke til netto reduksjon av drivhusgasser.

Avhengig av hva slags råstoff som er brukt, vil klimagassreduksjonen oftest være på mellom 60-90%. For eksempel viser en amerikansk studie gjort av biodiesel fra soyabønner at biodiesel gir en effektiv klimagassreduksjon på 78,45%.

Det er tendenser til at biodiesel gir økte utslipp av NO<sub>x</sub>. I noen tilfeller kan dette unngås ved å spesialjustere motoren for biodiesel.

Siden biodiesel i hovedsak er basert på organiske råstoff, brytes den også lettere ned i naturen enn vanlig diesel. Biodiesel har også langt lavere toksisitet enn fossildiesel og gir ved forbrenning lavere utslipp av aromater og andre giftige forbindelser. Det er derfor også en helsemessig gevinst ved bruk av biodiesel sammenlignet med fossil diesel.

#### Økonomi

Firmaet Milvenn oppgir pr mars-07 at biodiesel (B100) koster hos 6,25 kroner literen for bedrifter, og 8,20 kroner for private. De skulle gjerne tilbudt billigere biodiesel, og savner statlig støtte. I dag er biodieselen unntatt for CO2-avgift. De store leverandørene indikerer ingen prisforskjell mellom diesel og B5.

#### Tilgjengelighet i regionen

Vi har funnet følgende, dog begrensede, opplysninger om tilgjengelighet av biodiesel i regionen.

##### Olav Andreas Opland, NTNU oppgave desember 2006:

"Mulighet for å etablere en fabrikk i Namdalen (BTL-anlegg) for å utnytte ubrukte biomasser i regionen (Spillum i Namsos). Choren sitt anlegg i Tyskland kan brukes som modell for et anlegg i Norge. Et anlegg av en viss størrelse bør kunne produsere biodiesel til en kostnad på ca 5,5 NOK/liter. Ytterligere forskning og utvikling kan senke produksjonskostnadene videre til rundt 3 NOK/liter og gjøre teknologien konkurransedyktig med konvensjonell diesel."

Statoil har p.t. 3 stasjoner i Sør-Trøndelag med utsalg av B5 (Innherredsveien, Rosten og Tunga). I tillegg har vi opplysninger om at "Neste Oil" i Finland nylig har åpnet en fabrikk for biodiesel med en årlig produksjonskapasitet på ca 170 tusen tonn (NEXBTL, 2.generasjons biodiesel). Ubekreftede opplysninger sier at Sverige allerede har bestilt over halvparten av kapasiteten ved fabrikk.

### **3.1.3. Bioetanol**

#### Teknologi

De aller fleste bensinbiler kan i dag kjøre på opptil 20 % innblanding av etanol uten problemer. I Brasil er i dag all bensin som blir solgt, innblandet 25 % etanol. Bioetanol blandet med bensin i forskjellige blandingsforhold er i dag vanlig i mange land. I Sverige får man kjøpt opp til 85 % etanolinnblanding, såkalt E85. For å kunne kjøre på E85 må bilens drivstoffsystem være spesialtilpasset. Hovedårsaken er at bioetanol har lavere energiinnhold enn bensin, og bilens drivstoffpumpe må ta høyde for denne differansen. Hvis ikke, kan resultatet bli redusert motorkraft. Slanger og pakninger må også være tilpasset bioetanol. Dieselmotorer kan også bygges om til å kjøre på ren etanol.

For tiden skjer det lite produksjon av etanolbusser fordi interessen er for lav på det internasjonale markedet. Scania er den produsenten som hittil har levert etanolbusser til bl.a. Stockholms Lokaltrafikk. Scania kan komme til å gjenoppta produksjonen, mens Volvo, MAN og Mercedes p.t. ikke har noen produksjon og forventes heller ikke å starte produksjon på kort sikt. Årsakene til dette antydes å være at produsentene ikke anser etanol som tilstrekkelig miljøvennlig (for høye fremstillingskostnader) og at tilgangen på etanol i dag er begrenset.

#### Miljøegenskaper

Ulike tester gjort av etanol sammenlignet med fossil bensin, viser at etanol kommer bedre ut på noen områder når det gjelder lokale utslipp. Men forskjellen er jevnt over marginal. Det er imidlertid kjent at etanolbiler gir høye utslipp av hydrokarboner ved kaldstart. Problemet blir ekstra stort under vinterforhold, men det kan enkelt løses ved bruk av motorvarmer.

Klimagevinsten ved bruk av bioetanol avhenger svært mye i forhold til hvilket råstoff etanolen er laget av. Alt fra 90 % reduksjon fra sukkerør til 15-30% reduksjon fra mais. Mindre mengder bioetanol (5-10 %) innblandet i bensin kan også gi mer optimal drivstoffutnyttelse, selv om etanol har lavere energitetthet. Grunnen er at det høye oksygeninnholdet i etanol virker gunstig på bensinforbrenningsprosessen.

#### Økonomi

I Sverige har man satsset stort på å blande inn bioetanol i bensin og laget en egen bilpark som bruker E85-bensin. Bioetanol kan lages både av skog og landbruksvekster som hvete, sukkerbeter og poteter. Slik produksjon skulle Sverige ha gode forutsetninger for, men over 80 prosent av drivstoffetanolen som forbrukes i Sverige i dag, blir importert fra Brasil – verdens største eksportør av etanol. Det rapporteres nylig fra Sverige at bruk av E85 (inkl. avgifter) er ca. 1 SEK/mil billigere enn bruk av bensin.

Produksjonskostnaden med dagens teknologi i Norge er oppgitt å være mellom tre og fire kroner per liter. Etanolbusser har ca 70% høyere volumforbruk (drivstoff) enn diesel, dvs. ca 25% lavere energiinnhold pr enhet. Dette antas å være en utfordring for logistikken og forsyninger av etanolen, men også for hyppigheten av tanking/størrelser på tank.

#### Tilgjengelighet i regionen:

Pr mai 2007 kan Statoil Nardo tilby E85 til private bilister. I tillegg er det startet et pilotanlegg for bioetanolproduksjon i Nord-Sverige, Örnsöldsvik. Det foreligger konkrete planer om å investere i et større fullskala produksjonsanlegg i Svege, Herjedalen. Dette anlegget antas å ha et årlig produksjonspotensial på ca 6 millioner liter.

### **3.1.4. Vannemulgert diesel**

#### Teknologi

Såkalt emulsjonsdrift er lite kjent og utviklet i Norge. Hovedpoenget er å redusere forbrenningstemperatur for å redusere utslipp. Emulsjonsdrift er antatt å fungere best for motorer over 1000 kW, men kan også fungere under. Helt vanlige diesel bil- og båtmotorer kan kjøre på dette uten modifisering av noe slag.

#### Miljøegenskaper

I 2004 gjorde norske Marintek en stor test av vannemulgert diesel på oppdrag fra vegdirektoratet. Forsøk med denne blandingen, kalt hvit diesel (8 % vann, 2 % emulgator i dieselen) på en Scania (11 liter) dieselmotor (som er en typisk motor for tunge kjøretøyer) viste 6 % prosent reduksjon i NOx-utslippet og 30 % reduksjon i partikkelutslippet sammenlignet med tilsvarende diesel-tester. En SINTEF-test (korttids) i 2005 med samme system men i tillegg tilsatt urea (som er interessant i forbindelse med Euro 5-krav) indikerer enda lavere utslippstall: ca. 11 % reduksjon i NOx-utslipp, ca. 60-65% reduksjon i partikkelutslipp.

#### Økonomi

I Italia kjører for eksempel det aller meste av kollektivtransporten på slikt drivstoff. Fra 1. januar-2006 innførte EU en avgiftsreduksjon på ca kr. 1,25 pr. liter pga miljøeffekten.

Volvo har tidligere gjennomført studier med vannemulgert diesel og resultatene har vist gode effekter på NOx og partikler. Allikevel anser Volvo at drivstoffet ikke er kommersielt gangbart pr i dag.

### **3.1.5. Biogass**

#### Teknologi

Biogass kan ikke blandes med verken diesel eller bensin og krever derfor en helt egen

infrastruktur. Imidlertid kan bensinmotorer kjøres på biogass, og derfor kan dette biodrivstoffet kanskje med litt ekstra innsats benyttes i kombinasjon med bensin.

I Stockholm driftes ca 1800 busser. Litt over 250 av disse er etanolbusser og 51 biogassbusser. Det planlegges å øke antall biogassbusser til 120-130 st. Målsettingen er at 50 % av busser i Stockholm skal drives med fornybare drivstoffer i 2011.

Hovedutfordringer i forbindelse med bruk av biogass er:

- Metan uttynnet med inert (hovedsakelig CO<sub>2</sub>) ned til 40-80% konsentrasjon, (normalverdi 65%). De laveste konsentrasjonsnivåer kan skape problemer pga for lavt energiinnhold. Det kreves derfor eget system for oppkonsentrering, dvs enten nedkjøling eller vasking ("scrubbing") av CO<sub>2</sub> og andre gasser med bruk av vann, kjemikalier eller gjennom annen renseteknikk. Konsentrasjon av metan må være over 97 % for at det kan brukes som drivstoff i transportsektoren.
- Resten av gassen er hovedsakelig CO<sub>2</sub> (normalverdi 35 %) som må reduseres til 0,5 - 3%. Øvrige gasser kan være N<sub>2</sub> og O<sub>2</sub>.
- Ofte kontaminert med andre skadelige stoffer (for eksempel H<sub>2</sub>S – 10-2000 ppm, som i seg selv er farlig, og som ved forbrenning avgir SO<sub>2</sub>, en annen skadelig sur gass)
- Krav til tørking av biogassen gjelder også. Et duggpunkt på –80 °C ved atm trykk anbefales (gjelder også for naturgass).
- Krever investeringskostnader i forbindelse med distribusjon, rensing og opptrykking av biogass

Et meget interessant alternativ er å kombinere biogass med CNG ("grønn gass") for bruk til for eksempel bussdrift. Flere undersøkelser/presentasjoner foreslår dette (bl.a. Vattenfall, 2007). Fordelene med dette er at en oppnår en solid reduksjon i utslipp av klimagasser, samtidig som en får en stabil tilgang på drivstoff (gjennom naturgassen).

#### Miljøegenskaper

Metan (CH<sub>4</sub>) er hovedbestanddelen i naturgass og biogass, og har mer enn 20 ganger kraftigere/mer negativ effekt på ozonlaget enn CO<sub>2</sub>. Det er derfor ønskelig å begrense utslippene av metan til atmosfæren. Oppsamling og fornuftig bruk av biogass som drivstoff gir således en ekstra miljøgevinst fordi gassen er CO<sub>2</sub>-nøytral. Dette forutsetter at det ikke forekommer lekkasjer av gass i forbindelse med produksjon og bruk. Blir lekkasjene for store, kan metan faktisk være verre for drivhuseffekten enn fossil bensin og diesel. Men ved nye anlegg i dag er dette ikke tilfelle.

Zero påstår at biogass gir renere utslipp til luft sammenlignet med bensin og diesel og kan sammenlignes med naturgass (LNG/CNG) som gir lavere NO<sub>x</sub>- og partikkel-utslipp.

Et av hovedproblemene med biogass (i likhet med og i enda større grad enn for naturgass), er at den har relativt lavt energiinnhold på lik linje med CNG. Først må biogassen oppgraderes til kjøretøysgass, dvs. ta bort CO<sub>2</sub> i gassen (30-40%) og eventuelt forekomst av svovelvæske (H<sub>2</sub>S). Den rensede biogassen har normalt et metaninnhold på 97-99%. For å gi en anstendig rekkevidde, og samtidig holde nede størrelsen på lagertankene, må den derfor komprimeres kraftig ( gjerne til 200-300 bar), både på fyllestasjonen og i kjøretøyet. Derfor kreves egen infrastruktur (tanker/pumper). For bybuss-flåter, som har et fast fyllpunkt, kan biogass være et interessant alternativ, spesielt i kombinasjon med CNG. Ifølge våre opplysninger finnes en pumpe i Norge (Fredrikstad, Fredrikstad Biogass).

#### Økonomi

Kostnadene for en Sm<sup>3</sup> biogass anses å være lik kostnaden for naturgass. En svensk undersøkelse gir en teknologioversikt av kvalitetsforbedring av biogass og angir totalkostnader i forbindelse med oppgradering til transportdrivstoff (iht til SS 15 54 38-normen) på ca. 0,1-0,15 kr/kWh for biogassproduksjon mer enn 200 m<sup>3</sup>/time.

### Tilgjengelighet i regionen

Dersom vi sammenligner forholdene i Sverige, ser vi at de store forekomstene og potensialene for produksjon av biogass til kjøretøyer ligger i kloakkrensaneanlegg og avfallsdeponier samt landbruket. Tidligere utredninger har estimert det samlede årlige potensialet for biogassproduksjon i Norge på rundt 4,5 TWh/år<sup>1</sup>. Av dette anses potensialene innenfor kloakkrensaneanlegg å være størst (ca 1,5 TWh/år). I dag utnyttes ca 5% av potensialene<sup>2</sup>.

En rask analyse av kloakkrensaneanleggene i Trondheim (Høvringen og Ladehammeren) viser følgende potensialer:

- Høvringen produserer ca 2700 Sm<sup>3</sup>/døgn
- Ladehammeren ca 2000 Sm<sup>3</sup>/døgn
- Etter en gassoppgradering til drivstoffkvalitet oppnår en til sammen ca 1 mill Sm<sup>3</sup> pr år
- Det er ikke tatt hensyn til det forbruket som rensaneanleggene har i forhold til eget energibruk

### **3.1.6. El-hybrid**

#### Teknologi

Volvo [U] har utviklet en hybridløsning for tunge kjøretøy. Løsningen kombinerer diesel- og elektrisk drift. Lastebilen kan starte og akselerere med hjelp av den elektriske motoren, hvilket reduserer drivstofforbruk, utslipp og lydnivå. Batteriene lades også når bussen kjører i nedoverbakke eller når en slipper gasspedalen. Scania deltar også i utviklingen på dette området (ref. Nyteknik). Flere bussprodusenter melder nå om at nye el-hybrid konsepter vil bli presentert i løpet av 2009.

#### Miljøteknologi

Selv om konseptet fortsatt er under utvikling, ser resultatet så langt lovende ut ifølge. Beregninger indikerer at drivstofforbruket kan reduseres med opp til 35 % - med tilsvarende reduksjon av miljøpåvirkning.

Kjennetegn og ytelse for hybrider er angitt å være:

- Stort potensial for reduksjon av drivstofforbruket.
- Lagrer bremseenergi for senere bruk (lader batterier).
- Ingen utslipp når kjøretøyet drives elektrisk.
- Lavt lydnivå når det kjøres elektrisk.
- Mindre slitasje på bremsene hvilket gir lavere vedlikeholdskostnader.

#### Økonomi

Ikke kommersielt tilgjengelig teknologi. Det er fortsatt vesentlig mer kostbart å velge elhybrid for bussdrift i forhold til andre teknologier. Scania har i mai 2007 satt i gang et pilotprosjekt med busser etter elhybridprinsippet. Bussene anses dog som lite attraktive rent bedriftsøkonomisk på kort sikt.

---

<sup>1</sup> J. Morken, 2002

<sup>2</sup> NVE, 2003 "Bioenergiressurser i Norge"

### 3.2 Euro 5-krav og innfrielse av disse

Krav til utslipp fra bl.a. tyngre kjøretøyer sammenfattes i EuroX-kravene der X er stigende nummer. Vi er nå kommet til Euro 4 (som trådte i kraft i 2006). Den neste utfordring for transportindustrien blir de nye Euro 5-kravene, som er planlagt å tre i kraft 1. oktober 2009.

De nye Euro-normene for eksosutslipp stiller strenge krav til alle kjøretøyprodusenter. Forskjellen i utslippskravene mellom en Euro 3- og en Euro 4-motor er betydelige. Utslipet av nitrogenoksid (NO<sub>x</sub>) må reduseres fra 5 til 3,5 g/kWh, en reduksjon på 30 %. Partikkelutslippene (PM) må reduseres fra 0,1 til 0,02 g/kWh. Det vil si en reduksjon på hele 80 %.

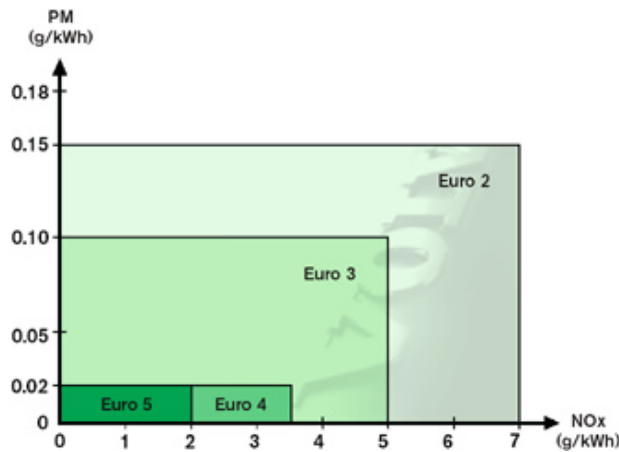
Nedenstående tabell viser tidligere og fremtidig utvikling i krav til eksosutslipp fra dieseldrevne tyngre kjøretøyer.

EU Emission Standards for HD Diesel Engines, g/kWh (smoke in m <sup>-1</sup> )							
Tier	Date	Test	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	Smoke
Euro I	1992, < 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25	
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	1999.10, EEVs only	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000.10	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13*	0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5

\*for engines of less than 0.75 dm<sup>3</sup> swept volume per cylinder and a rated power speed of more than 3000 min<sup>-1</sup>

Tabell 2: Utslippsstandarder mot Euro V kravene (kilde: Dieselnet.com)

Diagrammet nedenfor viser den dramatiske reduksjonen av NOx som må til for å møte Euro 5-kravene:



Figur 4: Euro 5 (kilde: Volvo)

Lastebiler og tunge kommersielle kjøretøyer med SCR-teknologien (Selective Catalytic Reduction) møter Euro 4-eksoskravene som gjelder fra 2006, og vil - i forbedret versjon - også kunne oppfylle Euro 5-kravene, som trer i kraft i 2009. SCR-teknologien bruker tilsetningsstoffet urea (f.eks. AdBlue er en flytende løsning av urea (32%) og vann), som sprøytes inn i eksosen før den føres gjennom en SCR-katalysator, og som lagres i en separat tank som må monteres på lastebilchassiset. I katalysatoren omdannes nitrogenoksidene til uskadelig nitrogengass og vanddamp - stoffer som allerede forekommer naturlig i miljøet.

Fordelen med SCR-metoden er at den kan tilpasses både Euro 4 og Euro 5. For Euro 5 sprøytes mer AdBlue inn i eksosen for å redusere nitrogenoksidnivået ytterligere. For Euro 4 tilsvarer mengden av tilsetningsstoff ca. 3-4 % av drivstoffmengden, mot ca. 5-7 % for Euro 5. Kostnadene for urea-tilsetning er foreløpig usikre, men tidligere tall indikerer en økning i dieselkostnadene på 8-10%.

Transportkjøretøyer som bruker metan oppfyller allerede utslippskrav iht. Euro 5.

### 3.3 Sammenligning, evaluering og valg av alternativt drivstoff

Det er forsøkt gjort en kvantitativ vurdering av alternative drivstoffer på basis av de ulike parametrene som er diskutert. Etterfølgende matrise gir en grov vurdering der alle parametere er forutsatt lik viktighet.

Vannemulgert diesel og EI-hybrid er utelatt fordi disse anses som uaktuelle på kort sikt (jfr. kap. 3.1.4 og 3.1.6).

#### Forklaring av score:

2+	:	Stor fordel
+	:	Mindre fordel
0	:	Nøytralt i forhold til dieselalternativet
(-)	:	Mindre ulempe
(2-)	:	Stor ulempe

Parametere:	Diesel	Naturgass-CNG	Biodiesel (B100)	Bioetanol (E85)	Biogass
Drifts- og vedlikeholds-kostnader	0	(-)	(-)	(-)	(-)
Investerings-kostnader	0	(-)	0	0	(-)
Kjøretøy - teknologi og modenhet	0	0	(-)	(-)	0
Utslipp klimagasser	0	0	2+	2+	2+
Utslipp partikler	0	+	0	0	+
Utslipp NOx, CO	0	0	0	0	0
Støy	0	+	0	0	+
Rangering alternativer	0	0	0	0	2+

Tabell 3: Rangering av alternativene til diesel (Euro 5)

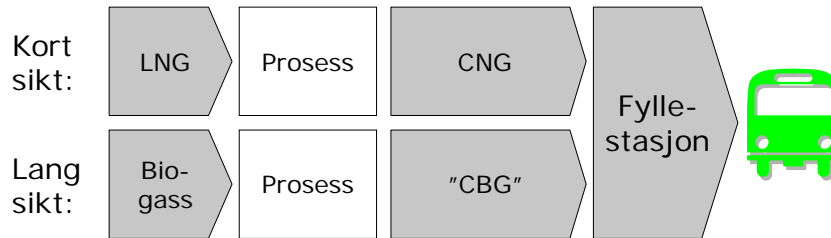
#### Konklusjon

Basert på en overordnet screening av alternativene anser Rambøll at Biogass er det mest fordelaktige alternativet til Diesel (Euro 5 krav) og vil i de neste kapitlene analysere dette i mer detalj. Det alternativet som, etter vår oppfatning, havner på en 2.plass etter biogass, er bioetanol. Allikevel anser vi at biogass er å foretrekke fremfor bioetanol, mest pga hensynet til at biogass anses å ha en mer miljøvennlig produksjonskjede enn bioetanol, men også ut fra hensyn til kjøretøyteknologi og flere bussprodusenters manglende satsing på etanolteknologi.

Flytende, nedkjølt metan (LMG) er også en mulighet å fylle direkte fra pumpe. Dette vil kunne komme fra både naturgass så vel som biogass. Fordelene ved bruk av LMG er at en får en enklere prosess i kjøretøyene, lavere vedlikeholdskostnader, kortere tanketider og økt rekkevidde. Ulempene er at teknologien er lite utprøvd i forhold til komprimert gass, og kan dessuten medføre høyere utslipp av metan pga lekkasje i tanksystemet.

Pr i dag er ikke biogass tilgjengelig i regionen i større skala. Dersom en slik satsing skal

finne sted på kort sikt (f.eks. 2008), vil en derfor måtte kompensere mangelen på biogass med naturgass i en viss periode (se illustrasjon nedenfor). På lang sikt er det kanskje også urimelig å anta at en kan gjøre seg fullstendig uavhengig av naturgassen som et supplement til biogassen.



Figur 5: Illustrasjon av mulig nedstrøms verdikjede for gassbusser i Sør-Trøndelag

## 4. Merkostnader ved overgang til gassbusser

### 4.1 Investeringer i kjøretøy

Kostnadene for en standard buss drevet på diesel som innfrir kravene til Euro 5 ligger på ca 2,2 MNOK. For en tilsvarende buss med gass som drivstoff ligger prisen ca **0,3 MNOK** høyere (ref. Volvo/Scania).

### 4.2 Vedlikeholdskostnader

Innhentede data fra ulike produsenter og brukere av både diesel- og gassbusser viser relativt stort sprik i forventede vedlikeholdskostnader på dieselbusser kontra gassbusser. Tallene fra produsenter og operatører viser kostnadene pr vognkilometer:

	MAN	Scania	Volvo	Bergkvara	Bussslink	<b>Snitt</b>
Diesel	1,30	0,80	0,70	0,30	1,00	<b>0,8</b>
Gass	1,40	1,10	1,60	0,45	2,00	<b>1,3</b>

Tabell 4: Vedlikeholdskostnader pr vognkilometer

Fra produsenter av busser viser det relativt store sprik i vedlikeholdskostnadene. F.eks. ser en at Volvo ligger vesentlig høyere for sine gassbusser enn de to andre. Dette hevder Volvo at skyldes et behov for tettere serviceintervall og vedlikeholdsbehov enn det en forventet. Generelt har gassbussene et høyere vedlikeholdsbehov enn dieselbussene (tettere serviceintervall).

I vår analyse har vi valgt å legge oss på følgende vedlikeholdskostnader pr vognkilometer:

- **Diesel: 0,8 NOK/vognkm**
- **Gass: 1,3 NOK/vognkm**

Ut fra den informasjonen vi har innhentet fra både leverandører og operatører, fremkommer det at forbruk/vedlikeholdsbehov påvirkes av mange faktorer. Parametere som kjørestil, kjøreruter, terreng, utforming og optimering av rutene, fabrikat og motortype m.fl. påvirker dette. De tallene som anvendes i vår modell må derfor anses som et anslag og ikke en absolutt sannhet.

### 4.3 Investeringer i infrastruktur og andre transaksjonskostnader

#### 4.3.1. Naturgass (LNG og CNG)

I en overgangsperiode vil gassbussene måtte gjøre seg avhengige av naturgass som drivstoff. Det vil ta noe tid før et tilstrekkelig volum av biogass kan produseres og leveres til bussene. Vi forutsetter at dagens anlegg på Sorgenfri kan benyttes til å fylle naturgass til ca 40 busser, og at det vil, så snart behovet melder seg, bli etablert ytterligere fylleanlegg før volumene av biogass blir tilstrekkelige. Et slikt anlegg (LCNG-anlegg) har en forventet kostnad på 10 MNOK<sup>3</sup>. I vår analyse forutsettes det et behov for å investere i 2 LCNG-anlegg, hver med kapasitet på ca 30 busser, i tillegg til det eksisterende anlegget på Sorgenfri.

Investeringer i slik infrastruktur kan en dra nytte av ved senere bruk av biogass.

Først i år 6 etter prosjektstart, anslår vi at volumene av biogass blir tilstrekkelige til å kunne utgjøre hoveddriftstoffet for gassbussene (opp mot 95 %). Vi forutsetter derfor en

<sup>3</sup> Jfr. Gasnor

gradvis overgang fra naturgass til biogass, men ikke at en vil gjøre seg fullstendig uavhengig av naturgassen i overskuelig fremtid. Den gradvise overgangen er definert som "grønn gass", dvs. ca 50/50 fordeling mellom natur- og biogass.

Vi forutsetter at anleggsinvesteringene, som i oppstarten vil bli utnyttet med naturgass, i prinsippet kan håndtere alle former for metan – både naturgass og biogass.

#### 4.3.2. **Produksjon av biogass**

Investeringene i produksjonsanlegg for biogass er ikke hensyntatt som kostnader i denne analysen. Vi forutsetter at investeringene tas av eksterne aktører som igjen vil prise sine kostnader inn i enhetsprisene (NOK/Sm<sup>3</sup>). Prisene pr Sm<sup>3</sup> biogass forutsettes i denne analysen å være lik prisen for naturgass (jfr. kap 5.1).

Til sammenligning kan vi nevne noen tall fra Sverige. Et rimelig stor anlegg som produserer rågass fra kloakk og bioavfall med kapasitet på ca 1.000 Sm<sup>3</sup>/time antas å koste ca 30-40 MNOK. En isolert analyse av potensialene og lønnsomheten i regionale biogassanlegg er ikke utført i denne studien, men anbefales utført dersom en ønsker å gå videre langs gassbuss-sporet.

Deponiforbudet, som er vedtatt innført fra 2009, kan medføre et behov for opprusting av etablerte uttaksanlegg som ikke fungerer optimalt samt etablere gassuttak på deponier som har mottatt organisk materiale og som har en tilstrekkelig gassproduksjon. SFT beregner at anaerob behandling av våtorganisk avfall i egne anlegg er ulønnsomt, men i kombinasjon med husdyrgjødsel vil bli vesentlig mer kostnadseffektivt.

Et svensk studie (Vattenfall, 2006) konkluderer med at rå biogass relativt kostnadseffektivt kan omdannes til LMG (flytende metan – både natur- og biogass) og vil derfor bidra til å senke potensielt høye transportkostnader for gass innenfor regionen.

#### 4.3.3. **Trening og opplæring**

Trening og opplæring av sjåførere/mannskap i forbindelse med fylling og håndtering av gassbusser anslår vi har en kostnad på ca kr 1.000 pr person<sup>4</sup>. Vi har antatt at antall personer som vil trenge opplæring ligger på 500, dvs. totale kostnader knyttet til opplæring på kr 500.000,-.

Oppsummert oversikt over investeringskostnadene (merkostnadene):

- LCNG-anlegg i år 2 : 10 MNOK
- LCNG-anlegg i år 5 : --"--
- Opplæring/trening første år : 0,5 MNOK

Kostnadene ved Biometan-anlegg har vi ikke vurdert spesielt, men henviser til erfaringstall for drivstoffkostnadene hentet fra Sverige (kap. 5.1).

Metodisk har vi i kap. 5.1.2 valgt å legge til kostnadene for anleggsinvesteringen og -driften som et tillegg til prisene pr Sm<sup>3</sup> gass. Opplæringskostnadene anses som en engangskostnad, og påløper umiddelbart.

<sup>4</sup> 4 timer a kr 250 pr person, jft. "Busmetro" utredning, Rambøll 2005.

## 5. Gevinster ved overgang til gassbusser

### 5.1 Reduserte drivstoffkostnader

#### 5.1.1. Forbruk

En gassdrevet buss har relativt sett et høyere forbruk av drivstoff sammenlignet med en dieseldrevet buss. Dette skyldes at gassmotoren har en lavere virkningsgrad enn dieselmotoren. Rambøll har innhentet nøkkeltall som viser at denne økningen er i størrelsesorden 30 %. Merforbruket er størst i kupert landskap hvor motorene opererer på høyere belastninger, samt bykjøring med mye start og stopp og den enkelte sjåførs kjørestil.

	MAN	Scania	Volvo	Bergkvara	Bussslink	Snitt
Diesel	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	<b>4,0</b>
Gass	5,60	5,00	4,80	4,40	6,00	<b>5,2</b>

Tabell 5: Forbruk Diesel vs. Gass pr 10 kilometer

For en dieselmotor som tilfredsstiller Euro 5 i det aktuelle rutenettet settes forbruket til 4,0 liter/10 km. For en gassbuss er forbruket satt til 5,2 Sm<sup>3</sup>/10 km<sup>5</sup>.

Det årlige gassforbruket for 190 busser er på bakgrunn av dette beregnet til ca 5,3 millioner Sm<sup>3</sup>. Årlig dieselforbruk er beregnet til 4,2 millioner liter.

#### 5.1.2. Priser

Rambøll har innhentet priser fra leverandører av diesel og naturgass.

- Dieselpris: kr 6,93/liter<sup>6</sup> - levert fra pumpe
- Naturgass: kr 3,5/Sm<sup>3</sup><sup>7</sup> - levert fra tankbil

For å gjøre natur- og biogass sammenlignbar med dieselprisene må vi ta høyde for kostnadene knyttet til finansiering, drift og vedlikehold av LCNG-anlegget. Den årlige drifts- og vedlikeholdskostnaden for dette er skjønnsmessig satt til NOK 100.000,- pr anlegg. Finansiering av anleggskostnadene er tatt høyde for gjennom beregning av anleggsleddet pr Sm<sup>3</sup>. Kostnadene er beregnet til ca 1,4 NOK/Sm<sup>3</sup>. Enhetsprisene pr Sm<sup>3</sup> drivstoffgass blir dermed ca 4,9 NOK.

Kostnadene i forbindelse med produksjon og oppkonsentrering av biogass har vært gjenstand for omfattende analyser i Sverige, men lite i Norge. Produksjon av oppkonsentrert biogass fra kloakkanlegg er beregnet å koste mindre enn 0,15 NOK/kWh, tilsvarende under 1,5 NOK/Sm<sup>3</sup>. Produksjon av rågassen inkluderer kostnadene for finansiering av anlegget og er estimert til rundt 0,3-0,4 NOK/kWh. Sum kostnader pr Sm<sup>3</sup> biogass som drivstoff er i denne analysen anslått til mellom 4,5 og 5,5 NOK/Sm<sup>3</sup><sup>8</sup>.

I vår analyse mener vi det er rimelig å sette drivstoffprisene for naturgass lik prisene for biogass.

<sup>5</sup> Innhentet tall fra Volvo, MAN (Neoplan), Scania og Bergkvara Buss.

<sup>6</sup> Statoil Truck Diesel, kr 9,9 inkl. mva. Fradrag for mva (25%) og fremforhandlet kvantumsrabatt på NOK 1,5/liter. Tillegg for AdBlue (ca 8%). Kilde: Nettbuss v/ Frode Drabløs.

<sup>7</sup> Aksel Skjervheim, Gasnor (pris levert fra tankbil – LNG).

<sup>8</sup> Rambøll Sverige, data hentet fra tilsvarende anlegg som er under planlegging i Stockholm.

### 5.1.3. Enhetspriser drivstoff

Diesel m/urea levert fra pumpe	:	<b>6,9 NOK/liter</b>
Naturgass (LNG) levert fra pumpe	:	<b>4,9 NOK/Sm<sup>3</sup><sup>9</sup></b>
Biogass (drivstoffgass) levert fra pumpe	:	<b>4,9 NOK/Sm<sup>3</sup> (foruts.)</b>

Reduserte årlige drivstoffkostnader pr buss utgjør dermed:

	Forbruk/mil	Pris/enhet	Kost/år
Diesel	4,00	6,93	kr 152 539
Gass	5,16	4,93	kr 139 849
Årlig avvik (besparelse)			kr 12 690

Tabell 6: Drivstoffkostnader pr buss pr år i Sør-Trøndelag

<sup>9</sup> Aksel Skjervheim, Gasnor, juni 2007: Pris pr kWh naturgass 35 øre. Tillegg for finansiering, drift og vedlikehold av LCNG-anlegg slik at en sammenligner prisene levert fra "pumpe" for både diesel og gass.

## 5.2 Miljøkostnader

Verdsetting av miljøkostnader er en omtrentlig øvelse, og det vil alltid være knyttet stor usikkerhet til modell og metoder for slike vurderinger. Variasjonen i kostnadene mellom ulike studier er stor. Derfor er det viktig å understreke at en verdivurdering av miljøgoder- og kostnader/skader i stor grad synliggjør den *relative forskjellen* mellom alternativene, mer enn de absolutte kostnadene.

### 5.2.1. Forutsetninger utslipp og miljøkostnader

Det vil alltid være en diskusjon rundt bussprodusentenes garantier og virkelige utslipp fra bussene. Metodisk står en mellom to valg: 1) enten legge til grunn standardkravene som stilles i Euro 5 uansett drivstoff, eller 2) søke etter kilder og datagrunnlag som viser reelle målinger av utslippene. Rambøll velger å bruke målinger av reelle utslipp, ikke Euro 5 kravene når det gjelder forskjellene mellom diesel og gass som drivstoff.

Jamfør det angitte forbruket for bussene ovenfor legger vi til grunn følgende forutsetninger angående utslipp<sup>10</sup>:

Drivstoff og utslipp:	NOx g/km	PM g/km	CO2 kg/km
Diesel Euro 4	14,14	0,081	1,06
Diesel Euro 5	8,08	0,081	1,06
Naturgass 100%	3,61	0,052	1,08
Biogass 95%	3,61	0,052	0,05
Grønn gass 50/50	3,61	0,052	0,57

Tabell 7: Utslipp fra diesel og gass

Fordelene ved bruk av metan som drivstoff er at en mer enn innfrir kravene som stilles i Euro 5 (PM og NOx). Dette kan en dra nytte av etter hvert som stadig strengere krav til utslipp og rensing blir mer kostbart ved dieselalternativet.

### 5.2.2. Miljøkostnader på utslipp av NOx og partikler (PM) – lokale effekter

Miljøkostnader er utfordrende å prise/fastsette. Det er imidlertid gjennomført en rekke utredninger/analyser innen dette feltet de senere årene. Statens Forurensingstilsyn (SFT) har i en årrekke utviklet et prosjekt kalt "LEVE-prosjektet", der en gjør beregninger av de samfunnsøkonomiske konsekvensene/kostnadene ved ulike former for utslipp (luftforurensing). I disse analysene foreligger det konkrete tall som verdsetter utslippene av NOx og Partikler (PM) i Trøndelag/Trondheim<sup>11</sup>.

### 5.2.3. Miljøkostnader på utslipp av klimagasser – globale effekter

Utslipp av CO2 og miljøkostnadene knyttet til dette utslippet er svært vanskelig å anslå. Det foreligger flere studier som antyder kostnadene verdenssamfunnet påføres ved utslipp av ett tonn CO2. I forbindelse med Kyoto-avtalen og handelen med såkalte CO2-sertifikater, er det i ferd med å utkrystallisere seg noen tydeligere verdier på utslipp av

<sup>10</sup> Hentet fra Volvos G9A motor med Lambda-teknologi, ref.

Energigjenvinningsetaten i Oslo. Produktsertifikater fra "Vehicle Approval Authority" i Storbritania (17.02.07) og den franske "Centre National de Reception des Vehicules" (31.07.06). Bekreftet av VTT Processess "Transit Bus Emission Study: Comparison of emissions from diesel and natural gas buses", oct. 2004.

<sup>11</sup> SFT "Marginale miljøkostnader ved luftforurensing: Skadekostnader og tiltakskostnader. LEVE-prosjektet 2005, side 31, tabell 2 for partikler, side 46, tabell 9 for NOx.

klimagass. SFT har i sitt LEVE-prosjekt definert kostnaden gjennom en såkalt "tiltakskostnad", dvs. hva det vil koste å gjennomføre et tiltak som reduserer CO<sub>2</sub>-utslippet med ett tonn. I en fersk publikasjon fra SFT (6/2007) anslås kostnaden pr tonn CO<sub>2</sub> til mellom kr 200 og 600.

Oslo Sporveier AS har i de senere årene levert årsrapporter som inneholder miljøregnskaper (samfunnsregnskap). I deres miljøregnskaper foreligger det konkrete tall som verdsetter utslippene av CO<sub>2</sub><sup>12</sup>. Det er store sprik i resultatene ved beregningen av kostnadene for CO<sub>2</sub>-utslipp. I Oslo Sporveiers samfunnsregnskap varierer kostnadene fra kr 0,41/kg til kr 1,6/kg.

Stern-rapporten (oktober 2006) indikerer kostnader fra \$85/tonn ned mot \$30/tonn<sup>13</sup>. Rapporten påpeker også de store sprikene i anslagene fra andre analyser (varierer fra \$0 til over \$1000/tonn utslipp).

Transportøkonomisk institutt (TØI) har gjort anslag på "eksterne marginale kostnader ved transport" (1999). Disse anslagene ligger på kr 1,17 pr kg drivstoff, dvs ca kr 350 omregnet til kostnader pr tonn CO<sub>2</sub>.

I våre beregninger av nytteeffektene ved redusert CO<sub>2</sub>-utslipp velger vi å legge til grunn de siste tallene fra SFT, i et lavt og et høyt anslag:

- **Lav CO<sub>2</sub>-kostnad:**    **kr 200/tonn, dvs. 0,2 NOK/kg**
- **Høy CO<sub>2</sub>-kostnad:**    **kr 600/tonn, dvs. 0,6 NOK/kg**

Når vi skal sammenligne CO<sub>2</sub>-kostnadene mot Diesel Euro 5, må vi nødvendigvis ta hensyn til at en ved dieselbruk betaler en CO<sub>2</sub>-avgift (p.t. kr 0,54/liter). Vi forutsetter at denne avgiften er en form for kompensasjon til samfunnet for de ulempene som påføres. I våre beregninger kommer således CO<sub>2</sub>- avgiften på diesel til fradrag<sup>14</sup>.

For Naturgass, der det p.t. ikke er CO<sub>2</sub>-avgift på drivstoff til transportbruk, vil derfor miljøkostnadene bli tatt med fullt ut som en kostnad for samfunnet. Utslippene av metan omregnes også til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter når vi beregner utslippene fra gass. Disse er dog begrensede.

<sup>12</sup> Hentet fra Miljøregnskapet for Sporveiene 2005, side 37 (Vestlandsforskning). Fastsettelse av kostnaden på utslipp av 1 kg CO<sub>2</sub> varierer fra kr 0,41/kg til kr 1,6/kg. Rapporten refererer til 13 ulike kilder for kostnadsberegningen.

<sup>13</sup> "Stern Review: The Economics of Climate Change", Del III, s. 304.

<sup>14</sup> En analyse av CO<sub>2</sub>-avgiften på diesel på kr 0,54/liter viser at den omtrent tilsvarer kr 0,2/kg CO<sub>2</sub>-utslipp (kr 200/tonn).

#### 5.2.4. Miljøkostnader på lokal og global luftforurensing

Tallene i tabellen nedenfor er inflasjonsjustert til 2007-tall<sup>15</sup>:

NOK 2007-kroner

Miljøkostnader:	Kr/kg CO2 Lav	Kr/kg CO2 Høy
NOx	75	75
Partikler	3 701	3 701
CO2	0,20	0,60

Tabell 8: Miljøkostnader for luftforurensing

I vår utredning går vi ikke nærmere inn på metode og forutsetninger for hvordan disse kostnadene er beregnet, men henviser til kildene.

Miljøkostnadene omregnet til NOK/km ved lav CO2:

Kostnader pr km pr busstype:	NOx	Partikler	CO2	Sum kr/km
Diesel Euro 4	1,06	0,30	-	1,36
Diesel Euro 5	0,61	0,30	-	0,91
Naturgass 100%	0,27	0,19	0,2160	0,68
Biogass 95%	0,27	0,19	0,0102	0,47
Grønn gass 50/50	0,27	0,19	0,1131	0,58

Tabell 9: Miljøkostnader pr km – Lav CO2

Miljøkostnadene omregnet til NOK/km ved høy CO2:

Kostnader pr km pr busstype:	NOx	Partikler	CO2	Sum kr/km
Diesel Euro 4	1,06	0,30	0,42	1,78
Diesel Euro 5	0,61	0,30	0,42	1,33
Naturgass 100%	0,27	0,19	0,65	1,11
Biogass 95%	0,27	0,19	0,03	0,49
Grønn gass 50/50	0,27	0,19	0,34	0,80

Tabell 10: Miljøkostnader pr km – Høy CO2

<sup>15</sup> KPI-justerte 2005-tall: Justert opp 2,8 %, jfr. SSB.

### 5.3 Støy og kostnader

Støyplager er vanskelig å verdisette. Oslo Sporveier har i sitt samfunnsregnskap beregnet støykostnadene i Oslo. Vi har ikke funnet frem sammenlignbare tall for Sør-Trøndelag, men vi har funnet frem noen tall fra regionen som belyser temaet:

"Ny giv for Trondheimsregionen" Fylkesdelsplan for transport og utbyggingsmønster for perioden 2002-2011 (2030) - Strategidokument:

"De trafikkskapt miljøproblemene i Trondheimsregionen er i første rekke knyttet til Trondheim. Av utfordringsdokumentet for Nasjonal transportplan fremgår at ca 15.000 personer her er plaget av utslipp fra trafikken (NOx og svevestøv) og vel **7.000 av støy.**"

Analyse av støynivået ved dieseldrift og gassdrift:

Belastning	Dieseldrift	Gassdrift
Tomgang	99,5 dBA	85,5 dBA
Fullast	113,4 dBA	105,5 dBA
Normal drift	110,8 dBA	99,9 dBA

Tabell 11: Støymåling diesel vs. Gass (Marintek)

Gassbuss er således mer støysvak enn dieselbusser, ca 10,9 dBA lavere på normal drift. Det er rimelig å anta at forskjellen vil oppleves som positiv for nærmiljøet, uten at vi har vært i stand til å kvantifisere gevinsten av lavere støy.

### 5.4 Andre ikke – kvantifiserbare effekter

- Bedre miljøprofil kan gi bedre omdømme, og sistnevnte kan øke etterspørselen etter transporttjenestene
- Etablert ny type infrastruktur ("først ute i området") slik at andre kan "kjøpe seg inn" på systemet, spesielt biogass. F. eks. produksjon av miljøvennlig fjernvarme er en alternativt bruk av biogassen<sup>16</sup>.

Fokus på miljø og fakta om skadene ved lokal forurensing (luft/lyd) kan bidra til å øke folks engasjement og ønske om å ta i bruk bussen for å bidra til et bedre miljø. Vi har ikke har tatt med denne gevinsten ved utarbeidelsen av denne rapporten. Det bør likevel poengteres at folk velger transportmidler også ut fra andre kriterier enn kun miljø, herunder frekvens, reisetid og kostnad.

Realisering av gevinstene som er påpekt i denne rapporten krever aktiv profilering/markedsføring av prosjektet. Dersom man lykkes med prosjektet vil det kunne gi positive ringvirkninger. Gjennomføringen av prosjektet vil berøre store deler av befolkningen og som dermed kan bidra til økt bruk av gass i landsdelen ut over selve prosjektet.

<sup>16</sup> "Mer kloakk i Hafslund", side 18, DN 13.juni 2007 (1,5 mrd NOK i biokraftanlegg på Klemetsrud i Oslo).

## 6. Økonomisk analyse av kost/nytte

### 6.1 Metodebeskrivelse

Kostnadene og gevinstene ved gassbussene påløper over fremtidige perioder. Det er derfor brukt en nåverdianalyse for å beregne lønnsomheten til prosjektet. Den fremtidige kontantstrømmen for prosjektet er neddiskontert til dagens verdi (nåverdi) med et avkastningskrav på 7 % som reflekterer prosjektets risiko. Analyseperioden er på 20 driftsår. Alle tallstørrelser er i faste 2007-priser (forutsatt lik prisstigning for alle kostnader). I analysen forutsettes det at samtlige 190 busser gradvis skal over på gass, dvs. 12 nye gassbusser årlig i ca 15 år<sup>17</sup>.

Det presiseres at det er den marginale kontantstrømmen som estimeres i analysen. Dette betyr at det er kun merkostnader og gevinster som oppstår som en direkte konsekvens av prosjektet som hensyntas. Skattemessige effekter er ikke tatt hensyn til i beregningene.

### 6.2 Bedriftsøkonomisk lønnsomhet

Ved gjennomføringen av prosjektet vil en pådra seg enkelte engangskostnader (investeringer og opplæring) og oppleve en økning i vedlikeholdskostnader. Motstykket til dette er et potensial for reduksjon i drivstoffkostnader. Beregningene av endringer i kostnader er redegjort for i det foregående, og er oppsummert i figuren nedenfor.

	Nåverdi
Bussinvesteringene	(39,0)
Økte vedlikeholdskostnader	(24,4)
Reduserte drivstoffkostnader	11,5
Opplæring	(0,5)
<b>Sum</b>	<b>(52,4)</b>

Tabell 12: Oppsummering av nåverdier

Nåverdien av de bedriftsøkonomiske merkostnadene og gevinstene er **minus 52 MNOK**. Dette innebærer at prosjektet ikke er bedriftsøkonomisk lønnsomt.

Den årlige merkostnaden er anslått til å være på ca 6 MNOK for bussoperatøren (i et "normalår" med kun gassbusser).

For en buss pr år er den årlige resultateffekten for operatøren omtrent slik:

	Årlig effekt
Økt vedlikeholdskostnad	(26 950)
Reduserte drivstoffkostnader	12 690
Økte avskrivninger	(20 000)
<b>Sum årlig resultateffekt</b>	<b>(34 260)</b>

Tabell 13: Anslått årlig resultateffekt for operatøren

#### 6.2.1. Sensitivitet for operatøren

En endring i forutsetningene kan endre lønnsomheten av prosjektet. Nedenfor er det

<sup>17</sup> De nye bussene forutsettes å komme gradvis gjennom kalenderåret og årseffekten beregnes ut fra gjennomsnittlig antall busser gjennom året.

beregnet effekten av endringer i drivstoffpriser og innkjøpspriser for gassbusser. Prosjektet er lønnsomt ved (alt annet likt):

- Priser for gass under 3 kr/Sm<sup>3</sup> (levert fra pumpe)
- Dieselpriiser over 9,5 kr/liter (levert fra pumpe)
- Vedlikeholdskostnader 0,5 kr billigere for gassbusser enn diesel
- Innkjøpspriser for gassbusser som er 100.000 kr/buss lavere enn dieselbusser

### 6.3 Miljøgevinster

På samme måte som ved beregningen av prosjektets bedriftsøkonomiske lønnsomhet har vi beregnet nåverdien av de reduserte fremtidige miljøkostnadene (både ved lav og høy CO<sub>2</sub>-kostnad). I perioden år 0 – år 5 vil den årlige reduksjonen i miljøkostnader være 2 MNOK ved lav CO<sub>2</sub>-kostnad. Legger en til grunn den høye CO<sub>2</sub>-kostnaden øker reduksjonen til 3 MNOK. I årene etter år 5 øker reduksjonen i miljøkostnadene ettersom innføringen av Biogass (95 %) i full skala forventes oppnådd.

Det er verdt å poengtere at beregningen er basert på nøkkeltall. Tallene vil likevel anskueliggjøre potensialet for sparte miljøkostnader ved overgangen til gass som drivstoff.

Nåverdien av reduserte miljøkostnader i perioden er beregnet til:

- **21 MNOK ved lav CO<sub>2</sub> (kr 200/tonn)**
- **39 MNOK ved høy CO<sub>2</sub> (kr 600/tonn)**

Dette gevinstpotensialet kommer til uttrykk gjennom blant annet redusert sykefravær, økt arbeidsproduktivitet og reduserte behandlingskostnader i helsevesenet. I tillegg til dette kommer ikke-kvantifiserbare gevinster for samfunnet i form av reduserte menneskelige lidelser som skyldes sykdom og nedsatt arbeidsførhet.

Størst effekt på miljøgevinstene er allikevel reduserte klimagasser. Dette er en global miljøgevinst og er mer abstrakt i forhold til de andre, mer konkrete effektene (bedr.økonomisk og lokal miljøgevinst).

#### 6.3.1. Sensitivitet for samfunnet

Prosjektet anslås å være samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom:

- Tiltakskostnad for CO<sub>2</sub> overstiger 900 kr /tonn

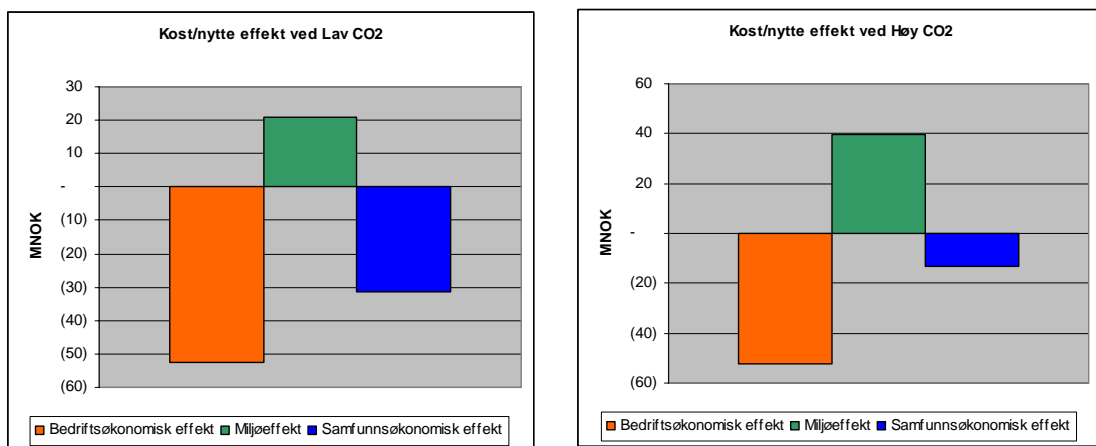
#### 6.4 Samlet vurdering

For bussoperatøren gir prosjektet negativ lønnsomhet gjennom en nåverdi på -52 MNOK med mindre prosjektet/operatøren tilføres midler<sup>18</sup>.

For samfunnet som helhet gir prosjektet nytte i form av reduserte utslipp av skadelige stoffer, og derigjennom et potensial for reduserte miljøkostnader. Dette potensialet er beregnet til 21 MNOK ved lav CO<sub>2</sub>-kostnad og 39 MNOK ved høy CO<sub>2</sub>-kostnad.

Den samfunnsmessige nytten og bedriftsøkonomiske lønnsomheten er illustrert i figuren nedenfor.

Alle tall i MNOK



Figur 1: Kost/nytte-analyse av overgang til gassbusser i Sør-Trøndelag

#### Konklusjon

I forhold til vår matrise fra kap 3, viser beregningene av kost/nytte ved innføring av gassbusser at de bedriftsøkonomiske merkostnadene ikke lar seg oppveie av miljøgevinstene. Til tross for at gevinstene knyttet til redusert støy mm. ikke er kvantifisert, er det vanskelig å anta at dette vil kunne vippe konklusjonen den andre veien.

Tallene brukt, både i den bedriftsøkonomiske analysen, og i analysen av miljøgevinster er alle heftet med en del usikkerhet. De må anses mer i retning av beste anslag, enn som en sannhet. De reelle bedriftsøkonomiske konsekvensene vil en uansett ikke få kontroll på før en har realisert prosjektet.

<sup>18</sup> KLIMP – klimagassprogram fra Sverige: "Totalt beräknas dessa (red. flere prosjekter fra 2003 og frem til i dag) program minska utsläppen av växthusgaser från källor inom Helsingborgs Stad med ca 14 000 ton koldioxidekvivalenter per år och till det tillkommer minskad energiförbrukning och minskade utsläpp av andra miljöstörande ämnen. Bidragsandelen är 30-50% och resten av pengarna står de olika "åtgärdsägarna" för" ([www.helsingborg.se](http://www.helsingborg.se)).